

技術科学生のための教材開発(電気分野) †

松原 真理*・苫米地義郎*
宇都宮大学教育学部*

平成18年度から導入された本学教育学部の大枠入試により、技術教育専攻に入学してくる学生の中で物理を履修していない学生も見られるようになった。そこで実験により電子工学の基礎的な理論を理解できるような教材を本学生のために開発した。この教材は、ゲルマニウムラジオの製作である。まず電波の受信の仕組みを理解し、電子回路部品を自作し、その特性を測定することにより電子工学の基礎理論を修得する。また、ラジオの製作でハンダ付けや木材加工などのスキルも上昇することができる。このような教材を平成20年度の後期の授業で利用できるような計画も建てた。

キーワード：技術科教育、電波、ラジオ、教材開発、電気工学、電子工学、加工

1. はじめに

平成18年度から、本学教育学部の一般選抜入試に大枠入試が導入された。個別学力検査(前期日程)では受験科目が数学のみになったために、高校で物理を履修してこない学生も見うけられるようになった。また、高校で物理を履修していても実験を殆どやっていないので電気回路を組むこともできない学生も多い。このような状況では卒業後、中学校技術・家庭科の教員や工業高校の教員を目指すのは難しい。よって、本学生が実験と製作を通じて電子工学の基礎的な理論を理解できるような教材開発が必要となる。

そこで本論文では、ゲルマニウムダイオードを用いた手作りラジオを教材として提案する。著者等は、以前、中学生に電波の伝搬を理解するためのラジオ教材を用いた教材^[1]を開発し、実際に中学校で授業実践^[2]を行なっている。その教材では、電波に対する興味・関心・理解を深めることが目的だったため、理論は必要最低限で、作る楽しみを感じることでできる教材であった。今回提案する教材は、電子回路部品を製作し、その特性を測定することにより、電子工学の基礎理論を修得することを目的

として開発している。また製作の際、木材加工やハンダ付けをすることにより技術科学生としてのスキルを上昇させることをねらいとする。

2. 現況について

現在電気分野に関して本専攻では、電気工学Ⅰ(一学年後期 苫米地教員担当)、電気工学Ⅱ(二学年前期 苫米地教員担当)、アナログ電子回路(三学年前期 松原教員担当)、デジタル電子回路(三学年後期 苫米地教員担当)、技術学実験実習Ⅱ(二学年後期 苫米地教員担当)、技術学実験実習Ⅲ(三学年前期 松原教員担当)で履修することになっている。表1、表2で技術学実験実習Ⅱ^[3]、技術学実験実習Ⅲ^[4]での実験テーマを示す。技術学実験実習Ⅱの実験テーマと内容について説明する。実験1ではホイートストンブリッジによる未知抵抗の測定である。実験2では金属の電気伝導機構を理解することを目的とする。実験3ではオシロスコープを用いて交流波形の測定を行う。またコンデンサーの静電容量も測定する。実験4では温度変化によって抵抗値が変化するサーミスタの特性について理解することを目的とする。実験5では、抵抗-コイル-コンデンサーを直列に接続した時の共振現象について学ぶ。実験6では色々なダイオードの特性について学ぶ。ここで、整流特性についても理解する。実験7ではダイオードを使って直流平滑回

† Mari MATSUBARA*, Yoshiro TOMABECHI*: A development of a teaching material (electronics) for students of technology education.

* Faculty of Education, Utsunomiya University

路を製作し、測定を行なうことにより特性を理解する。実験8では、トランジスタの基本特性と動作原理とを測定を行なうことにより理解させる。実験9ではFETの基本特性と動作原理を測定を行なうことにより理解させる。

実験実習Ⅲでは実験1,3,5がトランジスタを用いた製作・測定となっている。実験2と6がコンピューターを用いた数値演算に重きを置いている実験である。実験4は波形整形回路の動作原理について理解を深める実験であり、実験7と8がICを用いた回路の製作と動作原理を理解するための実験である。

表1. 技術学実験実習Ⅱの実験テーマ

番号	実験テーマ
1	ホイートストーンブリッジ
2	電気抵抗の温度係数の測定
3	オシロスコープによる交流回路の測定
4	サーミスタの静特性
5	R-L-C直列共振回路
6	ダイオード
7	整流平滑回路
8	トランジスタの静特性
9	電界効果トランジスタ (FET) の静特性

表2. 技術学実験実習Ⅲの実験テーマ

番号	実験テーマ
1	電圧増幅回路
2	プログラミング
3	無安定マルチバイブレーター
4	波形整形回路
5	報知器の製作
6	フーリエ級数
7	オペアンプ
8	組み合わせ論理回路

本教材は、ゲルマニウムラジオの製作を通して、学生達が電波の伝搬の仕組みを理解し、電気回路及び電子回路の基礎的な理論を学ぶことを目的とする。よって、ダイオードと共振現象を理解した後で用いることが効果的であると思われるため、技術学実験実習Ⅱのダイオードの実験終了後に‘ゲルマニウムラジオの設計と製作’という実験テーマを教材として用いることを提案する。なおこの実験は2週に渡

り行なう予定である。よって現在の実験テーマ8, 9は技術学実験実習Ⅲに移動する事を検討中である。この教材は、電気の内容以外にも、加工の内容も含むが、技術学実験実習Ⅰ（二学年前期 戸田教員担当）で加工技術を履修済みである。

3. 教材について

3.1 指導書について

この章では、私たちが教材として提案する‘実験テーマ7：ゲルマニウムラジオの設計と製作’の指導書の内容について述べる。

1) 目的

実験と製作を通して電子工学の基礎的な理論を理解することを目的とする。

2) 概説

ゲルマニウムラジオの説明に先立ち、電波について説明する。ラジオのAM放送は、図1のように音声信号を搬送波という周波数の高い電波に乗せて発信されている。これを振幅変調と言う。搬送波は、放送局によって固有の周波数が割り当てられている。

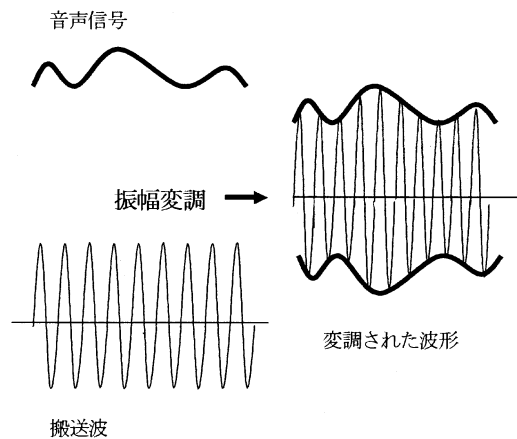


図1. AM放送局の電波

この放送局からの電波を聞くために、まず特定の放送局の周波数だけを選び出す（同調）必要がある。そして、音波信号だけを取り出す（検波）必要がある。

図2は、ゲルマニウムラジオの回路図である¹⁾。このゲルマニウムラジオには、コンデンサーの容量を変化させることができるバリャブルコンデンサー

(バリコン) とコイルとで構成される同調回路がある。

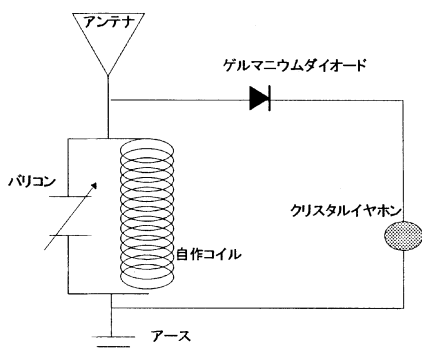


図2 ゲルマニウムラジオの回路図

コンデンサーの構造は基本的に絶縁物によって隔てられた2枚の電極板である。コンデンサーにおいては、周波数の高い電流ほど流れやすく、周波数の低い電流は流れにくいという特徴を持っている。コイルは電流が流れようとする流すまいとし、電流が減ると流し続けようとする性質がある。よって、変化の頻度が高い、つまり周波数が高いほど流れにくく、周波数が低いほど流れやすいということになる。このようにコンデンサーとコイルにはまったく反対の性質があり、流しやすい電流の周波数が高いか低いかである。ゲルマニウムラジオではこの二つを並列につないでおり、低い周波数の電流はコイルに、高い周波数の電流はコンデンサーへと流れようとする。しかし、そのどちらにも流れやすい、あるいは流れにくい境目のような周波数がある。その周波数のことを同調回路の「固有周波数」という。

充電されたコンデンサーにコイルをつなぐと図3左のようにコンデンサーからコイルへと電流が流れ始める。しかし、充電した分を流し終わっても、今度はコイルの自己誘導によって同じ向きに電流を流し続けるため、コンデンサーは逆向きの充電を始める。図3の右のように逆向きの充電が終わると、コンデンサーが放電を始める。これを繰り返すと、電気がいったりきたりする。この周期はコイルの巻き数やコンデンサーの容量によって決まっている。それがこの回路の持つ固有周波数となる。

この共振回路の固有周波数Fはコンデンサーの静電容量CとコイルのインダクタンスLから以下の式を用いて計算することができる。

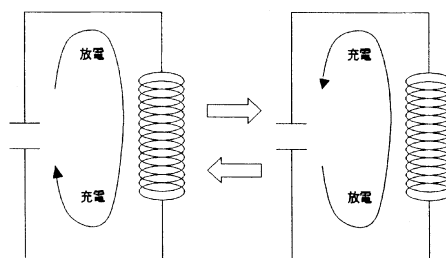


図3 固有周波数

$$F = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad [\text{Hz}] \quad (1)$$

同調回路を抜けた電流は次のステップとして検波を行う検波器へとやってくる。ここがラジオの心臓部となっており、音声信号が重畳された高い周波数の搬送波から音声信号だけを取り出している。波の形を半分カットすることによって音の形だけを得ることができる。電波は上下対称な形をしているので、そのままイヤホンに流しても、プラスとマイナスで打ち消しあってしまう、音にすることができない。そこで図4のように検波器によって半分カットする。この役割をゲルマニウムダイオードが担っている。

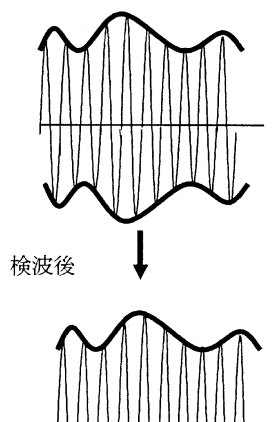


図4 検波の様子

検波後の電流はイヤホンへと流れる。イヤホンでは検波後電流の強弱にしたがって振動板をふるわせる。このふるえが空気をふるわせ、音となって聞こえる。

同調回路のバリコンを調整し、コンデンサーの値を変化することにより特定の周波数を受信することができる。このように電池などのエネルギーを一切使わず、微弱な電波エネルギーを直接音声エネルギーに変えている。

3) 製作と設計

図2で示すように、このゲルマニウムラジオは、バリコン、コイル、アンテナ、ゲルマニウムダイオード、クリスタルイヤホンで構成される。また、図には表示されていないが、これら部品を設置する台が必要になる。この部品の中で、ゲルマニウムダイオードとイヤホンは市販のものを使い、その他の部品と台を自作する。

① バリコンの設計と製作

コンデンサーのモデル図を図5に示す。dを極板間の間隔[m]、Sを極板の面積[m²]、ε₀を真空中の誘電率 8.9×10⁻¹² [F/m²]、ε_rを極板に挟まれた誘電体媒質の比誘電率とすると、静電容量 C [F] との間には次式が成り立つ。

$$C = \epsilon_r \epsilon_0 S / d \quad [F] \quad (2)$$

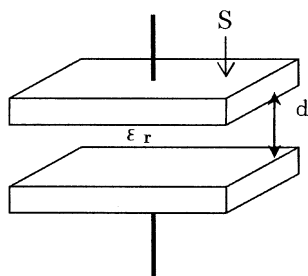


図5 コンデンサーのモデル図

例えば、最大 250pF のコンデンサーを作るとする。極板の間隔 d を 1mm とした時の S の大きさを求めよ。なお媒質は空気とする。この数値を用いて、厚紙とアルミシートでコンデンサーを製作せよ。必要とあれば、ワニグチクリップを利用すること。さらに製作したバリコンがどのくらいの値になるかを RLCメーターを用いて測定せよ。なお、(2)式が成り立っているかを確認せよ。

②コイルの製作

今回NHK第2放送 (693KHz) を受信すると設定し、①で測定されたコンデンサーの容量と

(1)式を用いてコイルのインダクタンス L を計算する。

またインダクタンス L とコイルの巻数などには以下の関係式がある。

$$L = \lambda \frac{\mu \pi^2}{\ell} N^2 \quad [H] \quad (3)$$

μ : 透磁率 [H/m]

真空なら $4\pi \times 10^{-7}$ [H/m]

r : コイルの半径 [m]

N : コイルの巻数 [回]

λは長岡係数^[7]であり、どのような値であるか各自調べること。

(3)式より、所望するコイルの巻数が計算できる。作りやすいコイルの半径や巻数を各自設定せよ。エナメル線を用い、図6のようなコイルを製作すること。

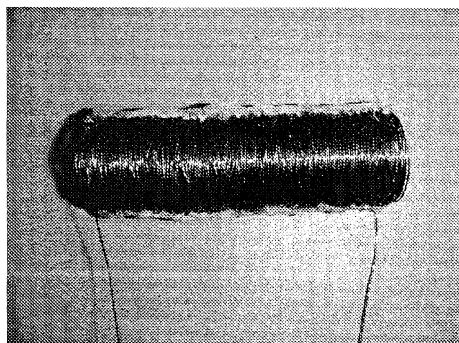


図6 自作コイル

製作後、RLCメーターで測定を行い、所望するコイルのインダクタンスと合致するかを確認せよ。

③ アンテナの製作

ゲルマニウムラジオのアンテナは磁界で動作するアンテナなので、面積を大きくすれば磁力線の通過する量が増え、アンテナの誘起電圧が大きくなる。図7のようなアンテナの枠を2つの木材を継ぎ合わせ製作せよ。枠の製作にはのこぎりを用いて加工し、2つの木材を組み立て、エナメル線を巻くこと。また線の両端にはクリップを取り付け、別途製作する土台部分と接続できるようにしておくこと。

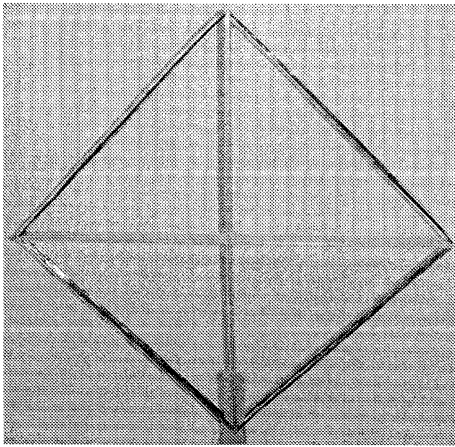


図7 アンテナ

④ ラジオの組み立て

①, ②で製作したバリコンとコンデンサーを設置する土台を木材板から切り出す。それぞれの部品とダイオード, クリスタルイヤホンをもネジやアングル, ハンダで取り付けること。

4) 考察

- ① 実際にラジオが受信できるか確かめよ。アンテナの向きや大きさを変えて受信感度がどのように変わるかを考察せよ。
- ② FM変調について調べよ。

3. 2 授業計画

2章で述べたように、この教材は技術学実験実習Ⅱの中で利用する予定である。なお平成20年度後期火曜日5-7限からの授業で利用を考えている。表3と表4に技術学実験実習Ⅱ及びⅢの実験テーマを記す。技術学実験実習Ⅱに、新しいテーマを入れるため既存の実験を実験実習Ⅲに移動した。その為にこれまでであった‘プログラミング’を実験実習Ⅲから除外した。‘プログラミング’は電気工学で必要である数学の知識を、コンピュータで数値演算することにより理解するものであった。重要な内容であるため、本専攻の授業‘プログラミングⅡ’(二年前期 松原担当)の演習課題としてとりあげる予定である。

本教材を授業で用いることに関して、現時点で考えられる問題点を挙げておく。ゲルマニウムラジオを土台まで木で加工し完成させるのは6時間では難しいと思われる。よって二つのグループに分け、一台のラジオを完成させることにする。なおこの年度

表3. 技術学実験実習Ⅱの実験テーマ
(平成20年度)

番号	実験テーマ
1	ホイーストブリッジ
2	電気抵抗の温度係数の測定
3	オシロスコープによる交流回路の測定
4	サーミスタの静特性
5	R-L-C直列共振回路
6	ダイオード
7	ゲルマニウムダイオードの設計と製作 (二週)
8	整流平滑回路1, 2, 3 (三週)

表4. 技術学実験実習Ⅲの実験テーマ
(平成20年度)

番号	実験テーマ
1	トランジスタの静特性
2	電界効果トランジスタ (FET) の静特性
3	電圧増幅回路
4	無安定マルチバイブレーター
5	波形整形回路
6	報知器の製作 (二週)
7	フーリエ級数 (二週)
8	オペアンプ
9	組み合わせ論理回路

の受講予定者は7名である。

バリコンの製作は簡単であるが、コイルとアンテナの製作、土台の製作に時間がかかりそうである。よって、二つのグループに分けコイルを製作するものと、アンテナを作るものなど分担作業をさせる予定である。

バリコンは、いわゆる平板コンデンサーというものであるが、バリコンとして可変させるにはどのような工夫ができるか学生達に考えさせる。

アンテナは、用いるエナメル線を同じ長さにし、面積が異なる物を数種類作らせる。それにより面積の違いが、電波の違いにどのような影響を与えるかを体感させるためである。また、エナメル線の長さでどのような違いができるかも学生達に考察させる。時間を節約するため、アンテナのフレームはこちらで準備する予定である。

コイルの製作に関しては、今回はオーソドックスな空芯コイルにした。他にもどのような物があるかを学生達に調べさせる予定である。なおコイルは、巻数等を変えて2種類製作する。

コイルとダイオード、バリコンを設置する土台は、木の板を利用する予定である。また取り付けにはハンダや木ネジを利用する予定である。土台の設計は、各グループで考えさせる予定である。

この授業を遂行するために必要だと思われる材料を記しておく。

クリスタルイヤホン2個以上、ゲルマニウムダイオード2つ(有)、エナメル線(有)、アルミテープ(有)、木ネジ(有)、クリップ複数個(有)、アンテナ用角材、土台切り出し用板

これらの物は実験が始まる前までに用意する。また、モデル実験をTA(ティーチングアシスタント)と共にこなす予定である。

4. まとめ

本学技術科の学生のためのゲルマニウムラジオを用いた教材を作成した。本論文では、教材の内容と授業計画について記している。教材は電気工学・電子工学だけでなく加工の内容を含み、技術科学生のあらゆるスキルを向上させるようになっている。

この教材は、平成20年度後期の技術学実験実習IIにおいて利用される予定である。筆者等はこの授業に向けて、指導書を作成し、予備実験をTAと共にこなす予定である。授業を行なった結果を問題点と共に次回の本学部実践センター紀要で報告する予定である。

参考文献

[1] 亀山雄児, 齋藤信之, 松原真理, 苫米地義郎: 技術科教育におけるラジオ受信機の製作による教材開発, 宇都宮大学教育学部教育実践総合センター紀要, 第29号, pp.207 - 215, 2006年。

[2] 亀山雄児, 齋藤信之, 松原真理, 苫米地義郎, 鈴木道義: ラジオ教材を用いた授業実践, 宇都宮大学教育学部教育実践総合センター紀要, 第30号, pp.577 - 584, 2007年。

[3] 宇都宮大学教育学部技術科編: 技術学実験実習II指導書。

[4] 宇都宮大学教育学部技術科編: 技術学実験実習III指導書。

[5] 湯元博文: 大人の科学マガジンラジオ大特集号, 学研, 2004年。

[6] 鈴木憲次: ラジオ&ワイヤレス回路の設計・製作, CQ出版社, 2003年。

[7] J L 4 E N S :

<http://homepage2.nifty.com/kaoru-i/coil.htm>。